干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

doi:10.12118/j.issn.1000－6060.2019.05.07

白龙江中游干旱河谷水土流失与地理环境①

魏宏庆[1,2]， 沈永平[3]， 魏鹂慧[4]， 张 峰[1,2]

（1 甘肃省水利厅水利管理局，甘肃 兰州 730000； 2 甘肃省河湖管理中心，甘肃 兰州 730000；
3 中国科学院西北生态环境资源研究院，甘肃 兰州 730000； 4 甘肃省永登县水务局，甘肃 永登 730300）

摘　要：基于实地调查研究，结合现有资料和研究成果，总结分析白龙江中游地理环境结构特点，调查研究该区水土流失性质、带状分异特征以及小流域形态结构，剖析地理环境与水土流失作用关系，提出以小流域为单元，以其空间结构有序和区段功能有序特征，配置水土保持防治措施体系，为建立综合治理模式提供有效参考。

关 键 词： 干旱河谷；地理环境；水土流失；白龙江

滑坡泥石流灾害在世界范围内广为分布，山区尤为严重[1]，人类与滑坡泥石流灾害抗争由来已久。意大利在300多年前就开始了泥石流防治工作，西欧、俄罗斯和日本也有200多年的历史[2]。我国滑坡泥石流研究工作起步较晚，但发展速度较快，20世纪50～60年代由于在山区建设中遇到了许多泥石流问题，开始着手考察、研究和防治泥石流[3]。目前，对滑坡防治主要采取减重、返压、支挡、锚固和截排水等措施，防治措施与经济发达国家相比没有大的区别[4-6]。我国针对不同危害对象，开发了城镇、道路、农田、矿山、风景区等泥石流防治模式，取得了较好的成效。成昆铁路、212国道许多泥石流排导工程发挥了很好的保护作用。云南东川大桥河泥石流沟，采取岩土工程措施与生态工程措施相结合的综合治理模式，泥石流得到有效抑制，暴发频率和规模大大减少[3]。

白龙江属长江水系，嘉陵江一级支流，流域面积32 810 km^2，多年平均流量339 $m^3 \cdot s^{-1}$，多年平均径流1.06×10^{10} m^3。白龙江中游为舟曲县城至文县碧口镇段，长199 km，控制面积15 456 km^2。经各次造山运动抬升隆起与下切相互作用，造成扭动褶皱与复合断裂相间，呈现高山峡谷地貌特征[7]。区内软弱岩石与坚硬岩层互层叠置，干热河谷气候明显，滑坡泥石流等地质灾害频发，给当地人民生命财产、重要基础设施构成严重威胁，成为我国滑坡泥石流等地质灾害四大高发区之一[4,8]。

自20世纪80年代以来，有较多学者对该区域开展滑坡泥石流调查与研究，积累了大量的研究资料，基本掌握了该区地质灾害的分布规律，国家和地方政府投资治理滑坡泥石流灾害，取得初步进展。但由于治理工程缺乏合理设计规范，工程形式单一，传统泥石流拦挡工程存在极大挑战[4]。舟曲三眼峪泥石流沟道在20世纪90年代国家投资建设了8座拦沙坝，由于山坡植被稀少，崩塌、滑坡等地质灾害发育，水土流失严重。经过10多年的运行，坝库很快淤积，土石固体物大量堆积，2010年8月8日暴雨诱发泥石流，造成坝毁人亡的特大灾害。这次特大山洪灾害警示人们，单一工程措施很难根治滑坡泥石流灾害。本文将水土流失纳入地质过程，在全面调查区域地理环境结构的基础上，分析研究成形沟谷单元化完成水土流失的过程，探索小流域治理模式，以求从建立水土流失综合治理体系方面取得突破。

1 白龙江中游地理环境结构分析

1.1 地质结构

白龙江横贯秦岭构造带，由一系东西向褶皱和断裂带组成。褶皱带分北中南3条背斜褶皱，白龙江主河道通过南秦岭复背斜，该背斜在三迭系末印

① **收稿日期：**2019－02－15； **修订日期：**2019－05－12
基金项目：国家自然科学基金重大项目（41690144）
作者简介：魏宏庆（1965－），男，高级工程师，大学本科，从事水土保持与河湖管理. E-mail:522956726@qq.com

支运动中隆起，后经燕山、喜马拉雅山等构造运动作用，进一步抬升、褶皱、断裂，加之第四纪以来新构造运动抬升，遂成今日高山峡谷地形。在地质构造上的另一特征是褶皱带与大型断裂带相间，并列展布。白龙江复背斜南侧，北西向样布—大年断裂带与东西向展布的汉中—洋县断裂带复合，白龙江复背斜北侧，葱地—铁家山北西向断裂带与样布—大年断裂带相对[9]。北东向多条次级断裂带与北西向次级断裂带交汇于白龙江河谷地带。白龙江中游出露的主要地层有碧口系和白龙江系的碳质千枚岩、千枚岩、片岩夹灰岩和部分火成岩，是滑坡发育最活跃的地质单元[10]。断裂带上的风化壳深厚，滑坡、崩塌等重力侵蚀发育，松散碎屑物质特别丰富[11]，是该区水土流失土石物质的主要来源。

1.2　地层岩性

白龙江中游地层从志留系到第四纪均有出露，三迭系以前各地质时期的地层以海相碎屑岩建造与碳酸盐岩建造为主。三迭系以后以陆盆相碎屑岩建造与山麓堆积相为主，并有中性火山岩建造与陆相碎屑岩堆积物。元古界碧口群出露在白龙江南岸，沉积结构和层理结构依然存在，下古生界志留系白龙江群沿江两岸呈带状分布，原生沉积结构和层理结构完好。上古生界、中生界各系岩层分布于白龙江复背斜两翼和外围，两侧台地、河谷沟堆存大量第四纪堆积物。千枚岩、页岩等软弱岩石与岩浆岩、灰岩等坚硬岩石呈夹层或互层迭置，形成易滑地层，这是白龙江中游地层一大特征。主要地质时期地层岩相见表1。

1.3　流域地貌

构造运动的不连续性和侵蚀发育的间歇性，形成白龙江中游谷中谷形态，明显的有两层，上层谷两侧不对称，南岸高陡，谷肩海拔 2 900 ~ 3 200 m，谷坡 40° ~ 50°。北岸低缓，谷肩海拔 2 200 ~ 2 500 m，谷坡 35°左右。谷底宽 6 ~ 8 km，下层谷两侧较对称，谷肩海拔 1 600 ~ 1 800 m，基岩出露处坡度为 50° ~ 60°，碎屑坡坡度 30°左右。白龙江中游两侧有众多支流汇入，尤其以北侧为多。支沟长度一般3 ~ 10 km，沟壑密度 2 km · km^{-2}，多为成形沟谷，径流汇集与土石供给相匹配的水砂源地，流通输移的沟道区段，广阔平缓的泥沙堆积区等三大区段齐全。

1.4　地方气候

白龙江地处我国大陆中部，属中纬度副热带季风气候，由于境内山高谷深，受山脉屏障作用，干热

表 1　主要时期地层岩相

Tab. 1　Main period stratigraphic facies

界	系(纪)	主要岩石矿物	分布特征
新生界	第四纪	堆积物、坡积物、洪积物	零星分布
中生界	白垩系	厚层砾岩、砂砾岩、砂岩、泥灰岩、灰质页岩、煤系	白龙江复背斜两翼和外围
	侏罗系	厚层砾岩、砂砾岩、砂岩、泥灰岩、灰质页岩	
	三迭系	板岩、厚层石英砂岩、条带状灰岩	
上古生界	二迭系	灰岩和砂质千枚岩、泥质板岩	白龙江两侧
	石炭系	板岩、厚层灰岩、细砂岩	
	泥盆系	粉砂岩	
下古生界	志留系	灰质千枚岩、泥质板岩、细砂岩、薄层灰岩	沿江两岸呈条带状分布，组成白龙江复背斜的轴部
元古界	震旦系	石英、砂砾岩、千枚岩、板岩	白龙江流域南部

河谷气候特征明显[11]。年平均气温 13.0 ℃，最热月 7 月均温 23.0 ℃，极端最高气温 40.0 ℃（武都 1950 年 7 月 14 日）。相对湿度 60%，日照时间 1 800 h，蒸发量达 2 500 mm。年降雨量 400 ~ 1 000 mm[12]，年内降水分布不均，夏季最多，冬季最少，6 月下旬进入雨季到 9 月底结束，雨季天数占全年的 28%，降水占全年 57%，旱季雨季两极化，旱季长时间干旱，雨季降水集中。无论年降水或日降水，白龙江流域降水呈由南向北递减趋势，年降水东南多于西北[13]，而且降雨随山体高度递增，海拔 1 300 m 以下河谷地带为少雨区，年均降雨量在 400 mm 左右。

2　水土流失性质及特征

2.1　水土流失性质

根据兰州大学孟兴民等[4]遥感解译历史资料和现场验证，白龙江流域共有大中型滑坡 700 多处，泥石流沟道 1 400 多条，其空间分布主要与地质、地貌、气候和人类活动因素有关[4,12]，集中分布在面积约 5 000 km^2 的白龙江中游及其较大支流下游（图 1）。

通过调查甘家沟、鱼儿沟、铁匠沟等典型小流域内 48 处大中型滑坡，在面积 20.2 km^2 滑坡体进行钻孔探测，钻探厚度 10 ~ 45 m，平均厚度 27.5 m，各流域单位面积松散物质量如表 2。采用白龙江泥石流经验公式，$r_c = 1.1\ A^{0.12}$（A 单位面积固体物质补给量）[7]，计算结果，三条小流域 r_c 值大于 2.1 t · m^{-3}，表明白龙江中游水土流失达到极端严重的粘

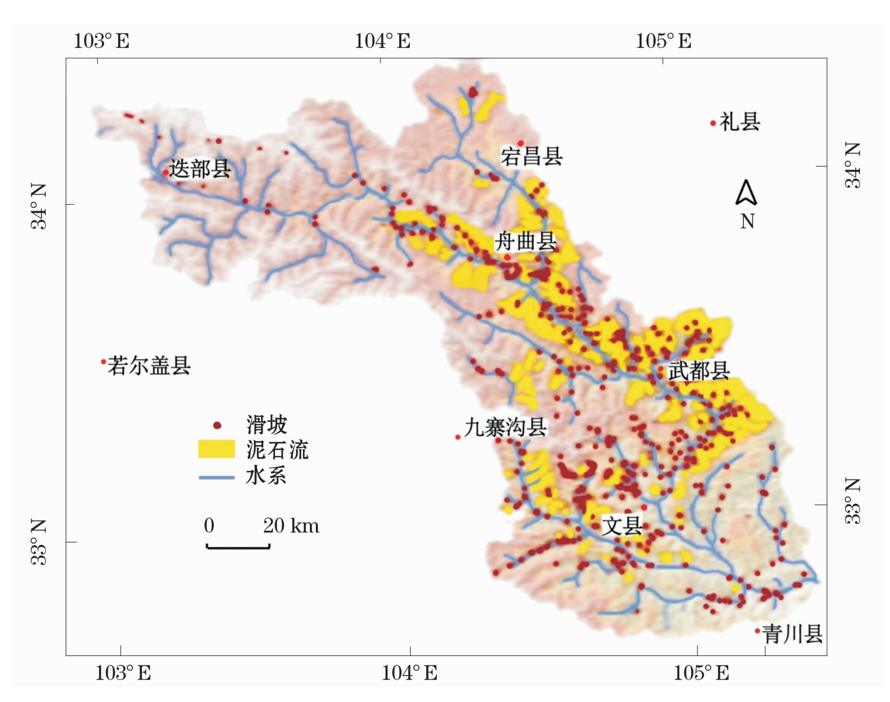


图 1 白龙江流域滑坡泥石流分布图

Fig. 1 Distribution of landslide and debris flow

表 2 小流域滑坡要素

Tab. 2 Elements of landslide in small watershed

流域名称	流域面积 / km^2	沟床比降 / %	滑坡体 / 个	滑坡面积 / km^2	厚度 / m	体积/ 10^4 m^3	单位储量 / $m^3 \cdot km^{-2}$
甘家沟	40.50	12.0	38	12.5	10 ~ 30	18 750	464
鱼儿沟	24.60	33.5	6	7.2	20 ~ 45	21 600	878
铁匠沟	1.35	38.0	6	0.5	20 ~ 30	1 250	926

性泥石流性质。

2.2 水土流失特征

通过调查白龙江中游不同区段沟谷横断面,发现该区水土流失呈垂直带状分异特征,上下弱、中间强,南北对应,程度相似。

(1) 产流汇流为主的弱蚀区。海拔 1 900 m 以上源头区,地貌为坚硬岩石构成的陡坡段,是谷地最大降水带,暴雨出现频率高,植被条件良好,无不良地质作用,水土流失形式以面蚀为主,程度较轻,具有产流多、汇流快的特征。

(2) 多种物理界面的强蚀区。海拔 1 300 ~ 1 900 m半山区,在地层上属坚硬岩石到软弱岩石的过渡带,湿润气候到半干旱气候的过渡带,针阔混交林到落叶阔叶林的过渡带,也是地表水与地下水的转化带,具有四位一体的空间物理界面。滑坡成群,崩塌规模大,重力侵蚀和水力侵蚀强盛。

(3) 输移为主的弱蚀区。海拔 1 300 m 以下谷底区,该段沟底一般为老泥石流堆积区,现代泥石流在老堆积体上切割形成水流通道,久经冲蚀,沟槽趋于稳定。两侧山坡坡脚因堆积物支撑保护,原滑坡、崩塌已稳定。该区段干旱少雨,山坡面状侵蚀较弱,主要起输移作用,以优越的沟槽边界条件,将来自上游大量泥沙输送到沟外。

2.3 水土流失过程

泥石流是水土流失非常严重下的产物[14],多与滑坡相伴而生,发生过程与流域形状和沟谷形态密切相关。研究发现,白龙江中游两侧坡面或坡面冲沟水土流失量远比成形沟谷弱。统计白龙江中游 150 条泥石流沟道,面积在 0.5 ~ 10 km^2 小流域占 70.2% ,形态系数 $a = 0.5 \sim 0.6$。沟谷边坡坡度大于 30°的坡面占流域面积 50% 以上,坡度 20° ~ 30°的占 34.8% ,主沟沟床比降 14% ~ 38% 。径流汇集、土石供给和流通输移三大区段结构完整。表明该区小流域面积小,多具“瓢状”形态,且主沟沟床比降大于粘性泥沙浆体临界比降,具有汇流快,水力强的特征[15]。

3 地理环境与水土流失的关系

3.1 地质过程与水土流失

地质过程对水土流失有着直接影响,主要是提供了大量的土石物质和临空条件[16]。褶皱、断裂过程中巨大动力和高热量,强烈揉褶、挤压、推移使岩石变质破碎,在岩石圈表层产生厚层风化壳,白龙江两侧的厚度达 40 ~ 50 m,地表抗蚀能力降低。断裂带活动直接引起滑坡和岩崩,诱发地震,造成山体破碎[18],侵蚀面积扩大。在古老地质构造基础上持续发展的新构造运动,使山体不断上升,形成深切河谷和高陡谷坡,地质营力集中,造成山体失稳,重力侵蚀加剧。广泛出露的软弱岩层和软硬相间的地层,有利于地表水下渗截流,粘粒的亲水效应使输移量大大增加,促进流失速度加快。

3.2 山地高度与水土流失

相对高度对滑坡泥石流形成起关键作用[14],相对高度决定势能大小,相对高度越大,势能越大。白龙江中游山地平均相对高度 1 000 ~ 2 000 m,最大高差达 2 600 m,为形成滑坡泥石流提供了的动力条件。从水分条件分析,半湿润到半干旱气候对泥石流形成最为有利[14,17],白龙江中游地貌和气候带状分异性随山体高度而异,山体越高垂直分布越明显,干湿两季分明,雨季降雨集中且多暴雨。降水梯度变化也是滑坡泥石流产生的重要原因[18-19],海拔 1 900 m以上最大降水带,降水量 600 ~ 1 000 mm,这一高度正是泥石流的水源区。最大降水带与松散土石集中带相互配合,构成了水土相遇的良好机会,促进了水土流失的发育。

3.3 小流域地貌过程与水土流失

深大断裂带不仅提供了数量巨大的松散碎屑物质,而且还赋予小流域沟谷发育的有利环境[18]。白龙江中游发育成形的沟谷,其地貌过程呈现空间有序,流域源头及分水界地带为降水汇集区,在地貌上属坚硬岩石构成的陡坡段,面积较大,一般占流域面积的 30% 左右,承接大量降水汇集,以强力冲蚀沟坡。主谷及支沟谷坡以上为土石补给区,地貌上属软弱岩石构成的缓坡区,新老滑坡密布,土体松散,冲沟发育。沟谷下游为输移区,沟床比降大,沟槽边界顺直。流域自上而下有序结构,完成降水汇集—水土相遇—搬运输移水土流失过程。

4 基于地理环境结构的小流域治理模式

甘家沟小流域位于武都城区东南 10 km 处,系白龙江左岸一级支流,流域面积 40.5 km^2。1997 年,列入长江上游水土保持重点治理工程,利用空间结构有序特征,配置水土保持防治措施体系,兴修梯田 580 hm^2,营造水土保持林草 1 300 hm^2,修建截排水沟 16 km,谷坊 25 道,拦砂坝 13 座,建立了截流入渗、稳沟固坡、水砂分离、变坡疏导的治理模式(图 2)。

(1) 汇集区截流入渗。在降水汇集区实施乔灌草结合的水土保持林草措施,利用林冠层截流作用,枯枝落叶层吸水、储水、滞流、护坡、改良土壤等作用,有效拦截降水,减少坡面径流,降低水流速度,减轻水力侵蚀。

(2) 物源区稳沟固坡。土石补给区是滑坡崩塌等不良地质作用区,也是农田主要分布区。在滑坡体上缘布设截排水沟,建立人工水路网,将地表水引出滑坡区外,实施地表排水。坡耕地修筑水平梯田,改变微地貌,拦蓄天然降水,增加土壤水分。农田周

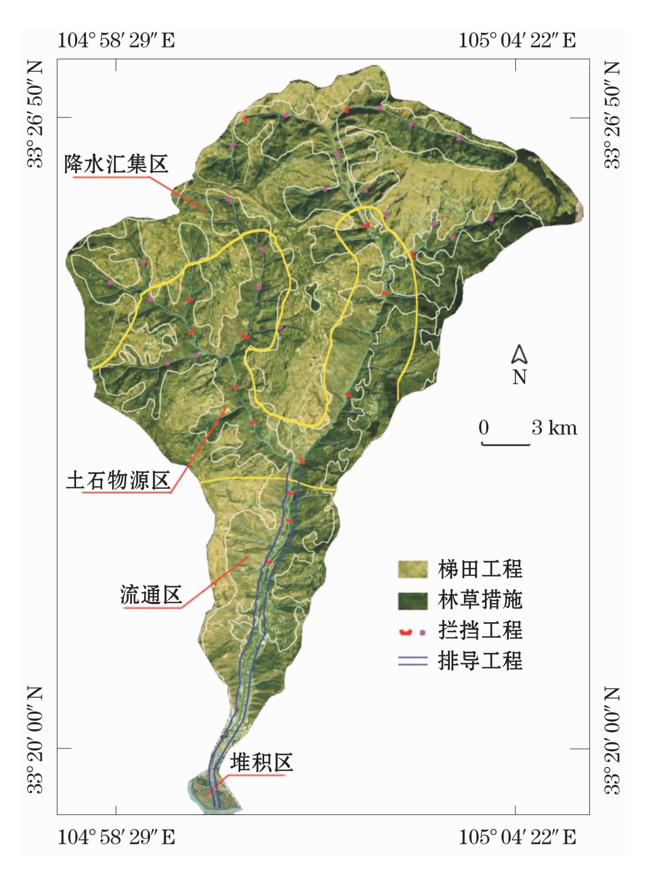


图 2 甘家沟小流域综合治理成效图

Fig. 2 Effect of comprehensive management of Ganjiagou small watershed

边采取工程整地，栽植经济林果，防冲固坡，保护农田。侵蚀沟道布设浆砌石谷坊，拦截部分泥沙石块，压埋滑坡滑动剪口，支撑沟谷岸坡，稳定沟床、固定岸坡。

（3）流通区水砂分离。在输移区修建多道拦沙坝，形成坝系，分段抬高侵蚀基准，降低沟床比降，破坏沟槽边界条件。利用坝体排水设施，使水砂分离；淤积泥沙压埋沟岸坡脚，稳定沟床，同时，使沟道逐渐淤平，分散流体沿程能力。

（4）堆积区变坡疏导。在堆积区布设排洪沟，留出超标准洪水通道，保护下游村庄、农田和重要基础设施。

据1997—2008年观测资料显示，期间拦砂坝拦蓄泥砂 $40 \times 10^4\ m^3$，谷坊拦蓄泥沙 $1 \times 10^4\ m^3$，流域泥沙基本被拦砂坝坝系和谷坊群层层拦截[20]。通过后续跟踪调查，目前，流域林草植被覆盖率由治理前的9%提高到33%，主沟沟床平均比降由治理前的12%下降到3.12%，坡面水土流失得到有效治理，沟道冲刷下切得到有效控制，沟岸滑坡、崩塌趋于稳定。自1998年以来，20多年未发生过泥石流灾害，充分显示了山水田林路综合治理的效果。

5 结 语

白龙江中游水土流失受构造带控制和地理环境影响，主要以粘性泥石流形式呈现。流域山体自上而下各类地貌单元构成有机统一系列，许多成形沟道以单元化形式完成水土流失过程，如果缺失其中之一，都会使水土流失强度减弱。

研究目的在于探索规律，寻找突破口。实践证明，甘家沟小流域以水土保持生态措施改变山体微地貌结构，人为干预改造沟道边界条件，沟坡兼治，疏堵结合，突出生态的综合治理模式，是目前当地经济技术条件下治理滑坡泥石流灾害的有效途径。

参考文献(References)

[1] KEEFER D K, LARSEN M C. Assessing landslide hanards[J]. Science, 2007, 316(5828): 1136 − 1138.

[2] 杜榕桓，李鸿琏，唐邦兴，等. 三十年来的中国泥石流研究[J]. 自然灾害学报，1995，4(1)：64 − 73. [DU Rongheng, Li Honglian, TANG Bangxing, et al. Research on deris flow for thirty years in China[J]. Journal of Natural Disasters, 1995, 4(1): 64 − 73.]

[3] 崔鹏. 我国泥石流防治进展[J]. 中国水土保持科学，2009，7(5)：7 − 13. [CUI Peng. Advances in debris flow prevention in China[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2009, 7(5): 7 − 13.]

[4] 孟兴民，陈冠，郭鹏，等. 白龙江流域滑坡泥石流灾害研究进展与展望[J]. 海洋地质与第四纪地质，2013，(4)：1 − 15. [MENG Xingmin, CHEN Guan, GUO Peng, et al. Research progress and prospect of landslide and debris flow disasters in Bailong River Basin[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2013, (4): 1 − 15.]

[5] 张倬元. 滑坡防治工程的现状与发展展望[J]. 地质灾害与环境保护，2000，11(2)：89 − 97. [ZHANG Zhuoyuan. The present status technial advance development treands of lanslide renedial measures[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation. 2000, 11(2): 89 − 97.]

[6] 王恭先. 滑坡防治工程措施的国内外现状[J]. 中国地质灾害与防止学报，1998，9(1)：1 − 9. [WANG Gongxian. Present situation of engineering measures for preventing and controlling landslide in China and abroad[J]. The Chinese Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 1998, 9(1): 1 − 9.]

[7] 中国科学院兰州冰川冻土研究所，甘肃省交通科学研究所. 甘肃泥石流[M]. 北京：人民交通出版社，1982：14. [Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Chinese Academy of Sciences, Gansu Institute of Transportation Science. Debris flow in Gansu Province[M]. Beijing: China Communications Press, 1982: 14.]

[8] 田运涛，王高峰，高幼龙，等. 基于组合赋权模糊综合评价的泥石流危险度评价——以白龙江中游为例[J]. 人民长江，2018，(S1)：81 − 85. [TIAN Yuntao, WANG Gaofeng, GAO Youlong, et al. Debris flow risk assessment based on combined weight fuzzy comprehensive evaluation: The middle reaches of Bailong River[J]. Yangtze River, 2018(S1): 81 − 85.]

[9] 唐永仪. 新构造运动在陇南滑坡泥石流形成中的作用[J]. 兰州大学学报：自然科学版，1992，23(4)：152 − 160. [TANG Yongyi. The effect of neotectonic movement on formations of landslide and debris flow in southern Gansu[J]. Journal of Lanzhou University: Natural Science, 1992, 23(4): 152 − 160.]

[10] 李树德. 武都白龙江流域滑坡活动性初探[J]. 水土保持通报，1997，17(6)：28 − 32. [LI Shude. Discussion on landslide activities in Bailong River Basin of Wudu[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1997, 17(6): 28 − 32]

[11] 尹成戌. 白龙江干热河谷插干造林技术的探索与实践[J]. 中国水土保持，2012，(9)：48 − 50. [YIN Chengxu. Exploration and practice of planting technology in dry and hot valley of Bailong River[J]. Soil and Water Conservation in China, 2012, (9): 48 − 50.]

[12] 熊木齐，孟兴民，庆丰，等. 甘肃省陇南市白龙江流域泥石流灾害事件与降水特征的关系[J]. 兰州大学学报：自然科学版，2016，52(3)：295 − 300. [XIONG Muqi, MENG Xingmin, QING Feng, et al. Relationship between debris flow activities and precipitation characteristics in Bailong River Basin of Longnan region, Gansu Province[J]. Journal of Lanzhou University: Natural Science, 2016, 52(3): 295 − 300.]

[13] 任非凡，湛文武，韩文峰. G212线陇南段泥石流发育成因及时空分布特征分析[J]. 岩土力学与工程学报 2008，7(1)：3237 − 3248. [REN Feifan, ZHAN Wenwu, HAN Wenfeng. Study on reason and spatial-temproral distribution characteristics of debris flow in Longnan area along G212[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 7(1): 3237 − 3248.]

[14] 康志成，李焯芬，马蔼乃，等. 中国泥石流研究[M]. 北京：科学出版社，2004. [KANG Zhicheng, LI Zhuogfen, MA Ainai, et al. Study of debris flow in China[M]. Beijing: Science Press, 2004.]

[15] 黄忠恕,余应中. 长江上游陇南地区泥石流分布发育特征[J]. 人民长江,1998,29(7):42－44.[HUANG Zhongshu,YU Yingzhong. Distribution and development characteristic of debris flow of Longnan region in the upper Yangtze River[J]. Yangtze River, 1998,29(7):42－44.]
[16] 袁斌,和法国,李军鹏,等. 甘肃武都区泥石流活动与降雨特征关系[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2012,48(6):15－20.[YUAN Bin,HE Faguo,LI Junpeng,et al. Relationship between debris flow activity and precipitation characteristics in Wudu area, Gansu Province[J]. Journal of Lanzhou University:Natural Science,2012,48(6):15－20]
[17] 韩姣姣,段旭,赵洋毅. 金沙江干热河谷不同植被坡面土壤水分时空分布特征[J]. 干旱区地理,2019,42(1):121－129.[HAN Jiaojiao,DUAN Xu,ZHAO Yangyi. Spatial and temporal variability of soil moisture on slope land of different vegetation in Jinsha River of dry-hot valley[J]. Arid Land Geography,2019,42(1):121－129.]
[18] 周必凡,李德基,罗德富,等. 泥石流防治指南[M]. 北京:科学出版社,1991.[ZHOU Bifan,LI Deji,LUO Defu,et al. Guidelines for debris flow control[M]. Beijing:Science Press,1991.]
[19] 程瑛,黄武斌,沙宏娥. 甘肃岷县两次强降水致山洪泥石流灾害特征对比分析[J]. 干旱区地理,2018,41(3):443－448.[CHENG Ying,HUANG Wubin,SHA Hong'e. Cause of two heavy rainfall causing massive mudslide in Minxian County,Gansu Province[J]. Arid Land Geography,2018,41(3):443－448.]
[20] 郭廷辅. 长江流域水土保持[M]. 武汉:长江出版社,2014,12:198.[GUO Tingfu. Soil and water conservation in the Yangtze River Basin[M]. Wuhan:Changjiang Press,2014,12:198.]

Soil erosion and geographical environment in dry valley of the middle reaches of Bailong River

WEI Hong-qing[1,2], SHEN Yong-ping[3], WEI Li-hui[4], ZHANG Feng[1,2]

(1 *Water Conservancy Bureau, Department of Water Resources of Gansu Province, Lanzhou* 730000, *Gansu, China*; 2 *River and Lake Administrative Center of Gansu Province, Lanzhou* 730000, *Gansu, China*; 3 *Northwest Institute of Eco-environment and Resources, CAS, Lanzhou* 730000, *Gansu, China*; 4 *Water Resource Bureau of Yongdeng County, Yongdeng* 730300, *Gansu, China*)

Abstract: The geological structure in the middle reaches of Bailong River in Gansu and Sichuan Province, China is composed of a series of east-west folds and faults, and the formation lithology is exposed from Silurian to Quaternary. The soft rocks and hard rocks are interlayer or interbedded superimostion, and the dry valleys have obvious climatic characteristics, which is the most active geological unit of landslides. Soil and water erosion in this area has reached extremely serious viscous debris flow property, and the spatial distribution is related to geological, geomorphic, climatic and human activity factors, showing vertical zonal differentiation characteristics. Most debris flow channels are formed gully with small drainage area and "scoop" shape. The geomorphologic process is orderly in space, forming a process of precipitation convergence—water and soil mixed-transport and soil erosion. Taking the small watershed of Ganjiagou as an example, using the orderly characteristics of spatial structure, the combination of arbor and shrubs is adopted in the precipitation gathering area to create 1 300 hm^2 of soil and water conservation forest and grass, which effectively intercepts precipitation. In the unfavorable geological action areas such as landslide collapse, 16 km of drainage ditch is arranged to take the surface water out of the landslide area; sloping farmland builds 580 hm^2 of horizontal terraces to reduce runoff on the slope. Erosion gully layout of 25 masonry stone lanes, interception of sand and stones, the stability of the gully bed, fixed slope. Thirteen sand barriers were built in the transport area to raise the erosion standard in sections, reduce the gully bed ratio and destroy the groove boundary conditions. The dam body drainage and water sand separation were used to make the channel gradually silt, disperse fluid along the capacity. Drainage ditches will be set up in the accumulation areas to set aside super-standard flood channels, protect downstream villages, farmland and important infrastructure, fully configure the prevention and control system of water and soil conservation, and realize the comprehensive control of mountains, rivers, fields and forests. After years of observation and follow-up investigation, no debris flow disaster has occurred in the basin since the treatment was completed in 1998. Practice has proved the comprehensive management mode of small watershed of Ganjiagou use soil and water conservation ecological measures to change the mountain micro-geomorphology structure, artificially intervenes to transform the channel boundary conditions, and combines the treatment of gully and slope, unblocking and blocking, and highlighting the ecological, Which is the effective way of administer landslide and debris flow disasters under currently local economic and technological conditions, and provides an effective reference for establishing comprehensive management models in similar areas.

Key words: dry valley; geographical environment; soil erosion; Bailong River